

ФОРМИРОВАНИЕ МАНТИИ ЗЕМЛИ В ПРОЦЕССЕ ГЕТЕРОГЕННОЙ АККУМУЛЯЦИИ

Анфилов В.Н.*, Хачай Ю.В.**

**Институт минералогии УрО РАН, Миасс, anfilogov@mineralogy.ru*

***Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург, yu-khachay@yandex.ru*

Внутреннее строение Земли и развитие в ней тектонических, магматических и метаморфических процессов решающим образом зависят от способа ее формирования как планеты. В работе [1] мы предложили принципиально новую модель гетерогенной аккумуляции Земли. В отличие модели гомогенной аккумуляции, она позволяет объяснить механизм образования частично расплавленного железо-никелевого ядра на начальном этапе формирования Земли и допускает возможность развития процессов плавления и кристаллизационной дифференциации при формировании силикатной оболочки Земли. На основе численного моделирования теплового режима в процессе гетерогенной аккумуляции Земли, нами получены варианты решения задачи, из которых следует, что вещество мантии могло отлагаться на разогретой поверхности, практически, полностью сформированного железо-никелевого ядра [2].

Возможные варианты дифференциации вещества мантии зависят от ее состава и РТ условий в растущей планете, поэтому, прежде всего, нам необходимо определить модельный состав вещества, отлагающегося на поверхности ядра. В соответствии с рассмотренным в работе [1] механизмом дифференциации химических резервуаров ядра и мантии в процессе аккумуляции при формировании мантии Земли, выпадающее на ее поверхность вещество соответствует составу обыкновенных хондритов. Составы хондритов, из которых вычтено содержание металлического железа и троилита приведены в таблице 1 [1]. Там же даны составы гранатового перидотита KLB-1 и валового состава метеорита Алленде. Все они достаточно близки и, в первом приближении, перидотит KLB-1 можно принять в качестве модельного вещества, из которого в процессе гетерогенной аккумуляции формировалась силикатная мантия Земли.

На основе численного моделирования теплового режима в процессе гетерогенной аккумуляции Земли, нами получены варианты решения задачи, из которых следует, что вещество мантии могло отлагаться на разогретой поверхности, практически, полностью сформированного железо-никелевого ядра [1]. Из результатов численного моделирования [1] следует, что в начальный момент отложения силикатного материала температура на поверхности ядра оказывается выше температуры ликвидуса модельного состава. Развитие процессов плавления и дифференциации силикатного вещества мантии, отлагающегося на поверхности разогретого ядра, определяется тепловым режимом растущей Земли и, прежде всего, вкладом потенциальной энергии, падающих на поверхность Земли планетезималей в тепловую энергию.

Рассмотрим процесс формирования силикатной оболочки как последовательное дискретное отложение слоев мощностью 100 км. После отложения первого слоя силикатный материал на границе расплавленного ядра и слоя силикатного материала начнет плавиться. Температура, необходимая для плавления будет поддерживаться за счет высокой теплопроводности вещества ядра. В результате на поверхности ядра образуется слой расплава, перекрытый достаточно тонкой твердой оболочкой. При отложении следующего слоя мощностью 100 км тонкая твердая оболочка будет постоянно разрушаться ударами планетезималей, причем эти удары не будут упругими. При ударах, образованный на поверхности ядра расплав будет перемешиваться и процесс плавления распространится на весь двухсоткилометровый силикатный слой.

По мере увеличения мощности силикатной оболочки и увеличения литостатического давления возрастает температура ликвидуса силикатного материала на границе ядро-мантия. Когда ее мощность достигнет 800 км, температура ликвидуса станет больше 3000°K. С этого момента когда слой силикатного расплава на границе с ядром начнет кристаллизоваться. Мощность слоя силикатного расплава, при которой начнется его кристаллизация можно рассматривать как глубину «океана» магмы, который образуется в процессе формирования мантии Земли. Ориентировочно ее можно принять равной 800-900 км. Первыми кристаллическими фазами, которые будут кристаллизоваться на дне магматического «океана», являются Mg-пироксен со структурой

перовскита и магнезиевюстит. Металлическое железо, содержащееся в составе хондритового материала, будет плавиться, образуя капли не смешивающейся с силикатным расплавом жидкости, насыщаться оксидом железа и опускаться на поверхность ядра. Кристаллизация магнезиевюстита и Mg-пироксена приведет к образованию на границе ядро-мантия слоя из смеси этих минералов.

Наиболее интенсивная и радикальная дифференциация вещества мантии происходит на конечном этапе аккумуляции Земли, когда слой расплава начинает остывать и кристаллизоваться. Когда мощность слоя расплава станет меньше 400 км, ликвидусной фазой в основании слоя становится оливин. Кристаллизация оливина приведет к возрастанию в остаточном расплаве содержания Al_2O_3 и FeO и на завершающей стадии кристаллизации слоя расплава в его верхней части образуется расплав, имеющий состав ферроанортозита. и возникнут условия, благоприятные для формирования ферроанортозитов, аналогичных анортозитам слагающим наиболее древнюю кору Луны.

В соответствии с предложенной моделью, в последнюю очередь на поверхности Земли будет отлагаться вещество близкое по составу к углистым хондритам CI, которое содержит воду и наиболее низкотемпературные продукты конденсации протопланетного вещества. В результате этого в верхнем слое Земли возникнут уникальные условия для следующего этапа дифференциации вещества. Легкая анортитовая магматическая каша, образованная на границе слоя расплава и внешней твердой оболочки, в виде диапиров будет выдавливаться на поверхность, образуя крупные скопления анортозита на поверхности Земли. Прогрев, внешнего слоя, сложенного материалом углистых хондритов, контактирующим с ним расплавом и поднимающимися диапирами, приведет к мгновенному в геологическом масштабе времени выделению гигантских объемов воды и углекислоты и образованию океана и атмосферы, обогащенной CO_2 . Быстрое образование океана будет сопровождаться размывом анортозитовой коры, разложением анортита и формированием хемогенных кремнистых пород. Близкий по смыслу сценарий образования океана и осадочных горных пород катархея изложен в работе Л.И. Салопа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анфилов В.Н., Хачай Ю.В. Механизм формирования ядра и силикатных оболочек Земли // Глубинный магматизм, его источники и плюмы. Иркутск, 2008. С. 14-24.
2. Хачай Ю.В., Анфилов В.Н. Численные модели распределения температуры в оболочках Земли на этапе ее аккумуляции // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Екатеринбург, 2009. С. 220-223.